

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОНОВ В КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Хамзин А.А., Грошев Д.Е.*

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

*E-mail: groshevdmitri@mail.ru

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF ELECTRONS IN QUASIPERIODIC STRUCTURES

Khamzin A.A., Groshev D.E.*

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

For the energy spectrum obtained for monoscale Cantor set the correct analytical calculations of the specific heat in the frame of the Boltzmann–Maxwell statistics have been performed. These evaluations were realized with the help of Mellin’s transform. The accurate analytical expressions for the specific heat in all temperature range were obtained. They demonstrate the log-periodic behavior in low-temperature and non-oscillatory behavior in high-temperature regions, accordingly. The accurate value of the limiting temperature determining the boundary between these two regions was found and evaluated.

Большой интерес к квазипериодическим структурам возник после открытия Шехтманом квазикристаллов [1]. В общем случае, квазикристаллы проявляют промежуточные свойства между чистыми периодическими структурами (системы Блоха) и случайными материалами, несмотря на детерминированные правила, используемые для их создания. Эти материалы весьма привлекательны для изучения, потому что их макроскопические свойства можно моделировать и контролировать путем изменения толщины и состава образующей их пленки. В самом деле, некоторые из этих свойств являются уникальными в многослойных структурах и обеспечивают возможность их применения в различных устройствах. Для того чтобы получить понимание физики общих свойств этих материалов, подробно изучаются одномерные последовательности, такие как Фибоначчи, Туэ – Морза и многие другие. Они известны как квазипериодические последовательности и реализованы экспериментально на сверхрешетках [2]. Привлекательность изучения таких структур заключается в том, что они обладают сильно фрагментированным энергетическим спектром, который проявляет свойства самоподобия. Именно изучению влияния самоподобия энергетического спектра на термодинамику свободного электронного газа в квазипериодических структурах и посвящена данная работа.

В данной работе авторами для простой модели спектра в виде обобщенного одномасштабного множества Кантора проводится строгий аналитический расчет теплоемкости свободного электронного газа, используя современный метод математической физики, основанный на применении преобразования Меллина. В результате аналитических вычислений показано, что теплоемкость проявляет

аномальное поведение – логопериодические осцилляции около фрактальной размерности спектра в зависимости от температуры в низкотемпературном регионе (область колебательного режима). Найдено значение граничной температуры, которая зависит от структурных параметров спектра, а также явное выражение для теплоемкости вне области колебательного режима, которая проявляет монотонное или немонотонное поведение в зависимости от структуры спектра.

1. D. Shechtman, I. Blech, D. Gratias, and J. W. Cahn, Phys. Rev. Lett. 53, 1951 (1984).
2. R. Merlin, K. Bajema, R. Clarke, F. Y. Juang, and P. K. Bhattacharya, Phys. Rev. Lett. 55, 1768 (1985).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ В НАНОТРУБКАХ ДИФЕНИЛАЛАНИНА МЕТОДОМ КОНФОКАЛЬНОЙ МИКРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Давыдов А.О.^{*}, Зеленовский П.С., Шур В.Я., Холкин А.Л.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: blackhole.ck@gmail.com

RAMAN STUDY OF PHASE TRANSITIONS IN DIPHENYLALANINE NANOTUBES

Davydov A.O.^{*}, Zelenovskiy P.S., Shur V.Ya., Kholkin A.L.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

In this work, temperature-driven phase transitions in FF nanotubes were studied by Raman spectroscopy. Lattice vibrations of FF nanotubes were characterized by an effective frequency, which possesses two pronounced features at 100°C and at 140°C. A model of the abnormal structural changes is proposed, and the details of FF cyclization are revealed.

Пьезоэлектрические микро- и нанотрубки дифенилаланина ($C_{18}H_{20}N_2O_3$, FF) являются перспективным материалом для создания новых биосовместимых сенсоров, пьезоэлектрических элементов и т.п. [1-3]. Процесс самосборки и свойства микро- и нанотрубок FF широко обсуждаются в литературе [4]. Недавно было обнаружено необратимое исчезновение пьезоэлектрического отклика и генерации второй гармоники при температуре около 150°C [4]. Предполагается, что этот эффект связан с циклизацией молекул FF [5], однако прямых экспериментальных подтверждений до сих пор не было. В данной работе измерены температурные зависимости спектров КР и предложена модель структурных изменений в нанотрубках.